

© О.Г. Драчук

канд. техн. наук

В.П. Гришаненко

канд. техн. наук

Р.В. Тимах

О.В. Панасенко

ДП «Науково-дослідний інститут

нафтогазової промисловості»

Національної акціонерної компанії

«Нафтогаз України»

С.В. Касянчук

Р.Я. Василюшин

Національна акціонерна компанія

«Нафтогаз України»

Вибір технологічних заходів для кріплення нестійких колекторів у свердловинах родовищ нафти і газу

УДК 622.276

На прикладі родовищ Будищансько-Чутівської ліцензійної ділянки розглянуто особливості вибору технологічних заходів та характеристик технічних засобів щодо кріплення нестійких колекторів на родовищах нафти і газу. Проаналізовано геолого-промислові умови у свердловинах, надано рекомендації стосовно вибору ефективних технологічних рішень щодо кріплення нестійких колекторів на родовищах вуглеводнів.

Ключові слова: кріплення, нестійкий колектор, привибійна зона пласта, свердловинний фільтр, технологічні заходи.

На примере месторождений Будищанско-Чутовского лицензионного участка рассмотрены особенности выбора технологических мероприятий и характеристик технических средств для крепления неустойчивых коллекторов на месторождениях нефти и газа. Проанализированы геолого-промысловые условия в скважинах, даны рекомендации по выбору эффективных технологических решений для крепления неустойчивых коллекторов на месторождениях углеводородов.

Ключевые слова: крепление, неустойчивый коллектор, призабойная зона пласта, скважинный фильтр, технологические мероприятия.

It was considered, on the example of Budyschansko-Chutivsky licensed areas, the choice particularities of technological activities and characteristics of hardware for mounting collectors on unstable oil and gas fields. Geological and industrial conditions in wells were analyzed, the choice of effective technological solutions for fastening unstable manifolds on hydrocarbon deposits was recommended.

Key words: mounting, semiconsolidated formation, bottom-hole area, well screen, technological process.

Досвід розробки родовищ нафти і газу показує, що стабілізацію і можливість збільшення рівнів видобутку, з-поміж іншого, варто пов'язувати з вирішенням проблем експлуатації продуктивних покладів у нестійких (слабозцементованих) колекторах, що часто супроводжуються руйнуванням привибійної зони пласта (ПЗП) із винесенням часток гірської породи на поверхню. Найчастіше нестійкі породи на вітчизняних родовищах представлені слабозцементованими пісковиками.

Проблеми спорудження, закінчування та довготривалої ефективної експлуатації свердловин, що розкрили нестійкі колектори в частині мінімізації негативного впливу технічних чинників, які характеризують особливості кріплення та стану фільтраційної поверхні ПЗП, досить успішно вирішують провідні західні нафтогазовидобувні компанії Weatherford, Schlumberger, Baker Hughes, Halliburton тощо.

Найпоширеніші технологічні заходи, які застосовують для свердловин, що експлуатують нестійкі колектори, передбачають встановлення фільтрів різної конструкції (за-

побігають винесенню породи-колектора) або передбачають кріплення нестійкої породи за допомогою різних матеріалів (спеціальних розчинів, смол тощо).

На вітчизняних родовищах вуглеводнів сьогодні найпоширенішим є встановлення механічних свердловинних фільтрів (титаномагнієвих, щілинних, лавсанових, склопластикових на алюмінієвому каркасі, склопластикових тощо) [1, 2]. З-поміж фільтрів вітчизняного виробництва можна виділити ФС-1, ФІЛ-1, ФІЛ-2, К-168-Н, ФСЦ. Гравійні фільтри (ГФ), у тому числі з гравійним набиванням (ГН), застосовують порівняно рідше.

ГФ в Україні широко використовували, зокрема, на Архангельському газовому родовищі (ГР), Більче-Волицькому та Солохівському підземних сховищах газу, на Безіменному ГР (кінець 80-х – початок 90-х рр.) та ін.

Загалом, аналіз технологічних заходів, а також технічних засобів для їх реалізації, які застосовують вітчизняні нафтогазовидобувні підприємства під час спорудження та закінчу-

Таблиця 1

Рекомендовані розміри прохідних отворів фільтрувальної поверхні фільтрів

Тип фільтра	Розміри прохідних отворів фільтрувальної поверхні, мм	
	$D_{60}/D_{10} < 2$	$D_{60}/D_{10} > 2$
Щільний	$(1,25-1,5)D_{50}$	$(1,5-2)D_{50}$
Дротяний	$1,25 D_{50}$	$1,5 D_{50}$
Сітчастий	$(1,5-2)D_{50}$	$(2-2,5)D_{50}$

Менші значення множників відповідають дрібнозернистим породам

вання свердловин, що експлуатують нестійкі колектори, показує, що вони є недостатньо ефективними.

Це негативно впливає на експлуатацію свердловинного обладнання під час видобування вуглеводнів і, як наслідок, призводить до зниження продуктивності свердловин, зменшення ефективності їх експлуатації, що, натомість, призводить до зменшення загального видобутку та погіршення техніко-економічних показників розробки родовищ вуглеводнів.

Отже, забезпечення ефективного кріплення нестійких колекторів на вітчизняних родовищах вуглеводнів, що дасть змогу залобігти винесенню гірської породи впродовж довготривалого періоду експлуатації свердловин, є актуальною проблемою.

Вибір технологічних заходів і технічних засобів, визначення їх характеристик для свердловин, що експлуатують нестійкі колектори, рекомендується проводити з використанням матриці Тіффіна [3] на основі інформації про гранулометричний склад (фракційний вміст) породи продуктивного пласта. Для цього рекомендується використовувати номограму, побудовану на основі цієї матриці (рис. 1).

Тип фільтра (механічний фільтр або ГФ) необхідно вибирати залежно від умісту в пласті-колекторі глинистих дрібнодисперсних частинок визначеного розміру, що характеризуються коефіцієнтами однорідності (D_{40}/D_{90}) та дисперсності (D_{50}).

Позначення «D» характеризує розподіл розміру часток і являє собою величину шпаруватості фільтра, за якої затримується певний накопичений відсоток часток. Так, наприклад, D_{50} є величиною шпаруватості у одиницях вимірювання довжини, яка дає змогу затримувати понад 50 % часток.

Розміри комірок фільтрувальної поверхні необхідно вибирати залежно від дисперсності та неоднорідності часток, що контактують із нею.

На основі емпіричних залежностей визначено закономірності щодо вибору розмірів комірок фільтрувальної поверхні для різних типів фільтрів, які можна використати під час планування робіт із кріплення нестійких колекторів [1] (табл. 1).

У випадку використання ГФ розмір зерен гравію повинен становити $6 \times D_{50}$, товщина шару ГН – $(5 \dots 10)D_{50}$.

Необхідний комплекс достовірних геолого-промислових даних, які можна було б використати для визначення ефективних технологічних заходів для кріплення нестійких колекторів на родовищах вуглеводнів, у тому числі тих, які розробляють або планують до розробки у Національній акціонерній компанії «Нафтогаз України», отримано під час пошуково-розвідувального буріння на Будищансько-Чутівській ліцензійній ділянці.

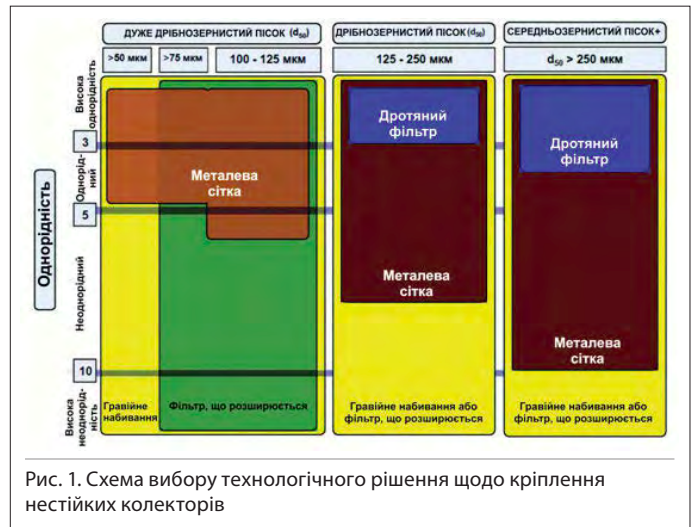


Рис. 1. Схема вибору технологічного рішення щодо кріплення нестійких колекторів

Було проаналізовано геолого-геофізичні матеріали по продуктивних горизонтах у відкладах юрського, тріасового, пермського та верхньокам'яновугільного віку з метою визначення інтервалів із нестійкими колекторами у свердловинах родовищ Будищансько-Чутівської ліцензійної ділянки, пробурених як до 2012 р., так і пізніше, якими під час пошуково-розвідувального буріння було відкрито Руновщинське ГР (св. 100) та Східно-Руновщинське ГР (св. 101). Визначено, що нестійкі породи-колектори зосереджені переважно у відкладах юри та тріасу.

Нестійкі породи-колектори помітні у керні, відібраному зі св. 100 Руновщинського ГР із відкладів юрського віку (інтервали відбору 469–473 та 473–475 м, керн представлений дрібними уламками завбільшки 1–6 см, дрібнозернистим кварцовим піском) та з відкладів тріасу (інтервал відбору 514–540 м, керн представлений дрібно- та середньозернистими пісковиками з низьким ступенем цементації, спостерігається безцементне зчленування зерен).

За результатами лабораторного визначення колекторських властивостей, породи продуктивних горизонтів тріасу характеризуються коефіцієнтом пористості K_p від 0,22 до 0,37 ч.о.

За геофізичними ознаками породи продуктивного інтервалу J-2 подібні до порід продуктивного інтервалу J-1, а породи продуктивного інтервалу I-1₂ – до порід продуктивного інтервалу I-1₁. За даними ГДС, K_p у межах продуктивних горизонтів J-1, J-2, I-1₁, I-1₂ має середньозважені значення, відповідно, 0,27; 0,26; 0,23; 0,27 ч.о. Потрібно зазначити, що

Таблиця 2

Глибина відбору керна матеріалу

№ керна	Глибина відбору, м	Довжина зразка, см
Св. 100 Руновщинського ГР		
Керн 2	473	10
Керн 2	475	10
Керн 4	522	10
Керн 6	540	10
Св. 101 Східно-Руновщинського ГР		
Керн 1	492,5	10
Керн 1	496	10

Таблиця 3

Результати розрахунку фракційних показників породи кернавого матеріалу та вибору типу фільтра

№ керна (глибина відбору)	Показники зернистості, мм			Тип фільтра	Вибір розміру фракції гравію/комірки, мм	
	D_{40}/D_{90}	D_{50}	D_{60}/D_{10}		$6 \times D_{50}$	діапазон розмірів часток
1 (496 м)	0,04	0,039	65	ГН	0,23	0,25–0,42
1 (492,5 м)	0,11	0,028	21	ГН	0,17	0,25–0,42
2 (475 м)	0,13	0,041	40	ГН	0,25	0,25–0,42
2 (473 м)	0,13	0,041	40	ГН	0,25	0,25–0,42
4 (522 м)	0,04	0,035	30	ГН	0,21	0,25–0,42
6 (540 м)	0,62	0,626	118	сітчастий	-/1,5	

в межах продуктивного горизонту J-1 нестійкі породи виявлені за додатковими ознаками, а саме: збільшенням діаметра свердловини порівняно з номінальним діаметром та високими значеннями розрахованої пористості.

Загалом у св. 100 було виділено чотири інтервали, що характеризуються наявністю в їх межах нестійких колекторів: 450,9–456,2 м (продуктивний горизонт J-1); 467,1–477,7 м (продуктивний горизонт J-2); 496–514,7 м (продуктивний горизонт I-1); 524,1–603,4 м (продуктивний горизонт I-2). За даними інтерпретації ГДС продуктивні горизонти газонасні (J-2, I-1) та газонасичені (J-1, I-1).

Нестійкі породи-колектори спостерігаються у керні, відбраному зі св. 101 Східно-Руновщинського ГР із відкладів

юрського віку (інтервал відбору 492–499 м, нестійкі породи представлені світло-сірим, сірим, дрібнозернистим, з глинистими домішками, слюдистим, слабокарбонатним піском) та з відкладів тріасу (інтервали відбору 735–738,5; 738,5–744; 886–892,5 м, нестійкі породи представлено пісками та слабкоцементованими пісковиками сірого кольору).

За результатами лабораторного визначення колекторських властивостей для продуктивного горизонту тріасу I-1₂ К_п змінюється від 0,17 до 0,29 ч.о., а за даними ГДС у межах продуктивних горизонтів J-1 та I-1₂ має середньозважені значення, відповідно, 0,23 та 0,18 ч.о.

Загалом у св. 101 виділено два інтервали, що характеризуються наявністю в їх межах нестійких колекторів: 489,9–496,6 м (продуктивний горизонт J-1), 718,1–825,8 м (продуктивний горизонт I-1₂). У межах виділених інтервалів нестійкі породи (колектори) виявлені за даними опису кернавого матеріалу та відносно високими значеннями розрахованої пористості.

За даними інтерпретації ГДС продуктивні горизонти J-3 та J-4 – газонасні, горизонти J-1, J-2, I-1₁, I-1₂ – водонасичені та водонасні.

У св. 110 нафтового родовища Академіка Шпака за даними ГДС виділено інтервал 1435–1478 м (верхня частина продуктивного горизонту I-1₂), у якому, можливо, наявні нестійкі колектори із середнім К_п=0,22 ч. о. За даними ГДС горизонт I-1₂ інтерпретується як водонасичений, а продуктивні горизонти J-1, J-2, J-3, I-1₁ – як водонасні та водонасичені.

Було проаналізовано інтервали продуктивних горизонтів, відбору керна та результати випробувань у св. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 12, 14 Будищансько-Чутівської ліцензійної ділянки та у св. 471-Гаврилівській.

Отримані дані з відбраного керна з цих свердловин не дають змоги стверджувати про наявність у продуктивних горизонтах нестійких порід-колекторів.

Перфорацією загалом було розкрито такі інтервали продуктивних горизонтів: 531–524 (св. 100), 648–650 (св. 101, I об'єкт), 636–612 м (св. 101, II об'єкт). Як показали результати гідродинамічних досліджень свердловин відкритих родовищ, під час роботи на прямому та зворотному ході спостерігали суттєву різницю у показниках, що може свідчити про погіршення фільтраційно-емісійних характеристик розкритого колектора під час перевищення депресії понад 10 %, що супроводжується руйнуванням нестійкої ПЗП.

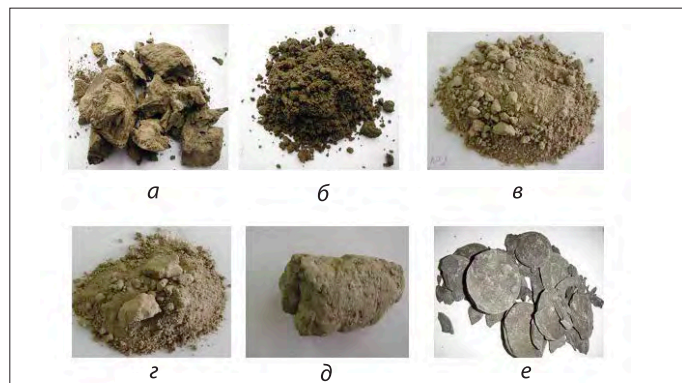


Рис. 2. Проби досліджуваного керна: а – керна 1 (496 м); б – керна 1 (492,5 м); в – керна 2 (475 м); г – керна 2 (473 м); д – керна 4 (522 м); е – керна 6 (540 м)

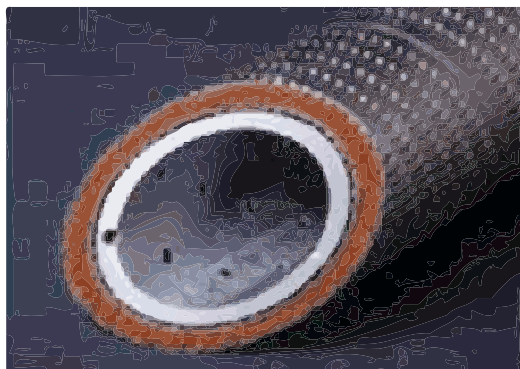


Рис. 3. Конструкція фільтра типу РРК

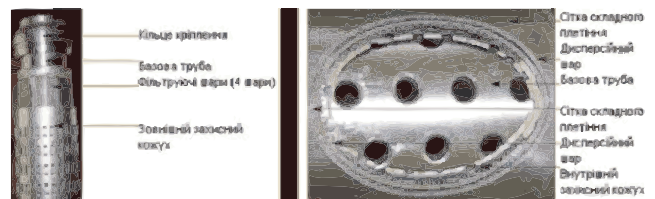


Рис. 4. Конструкція фільтра типу РМС

Зважаючи на переведення у майбутньому видобування газу у св. 100 Руновщинського ГР із продуктивного горизонту I-1₂ на горизонти, що залягають вище – I-1₁, J-2, J-1, приймаючи до уваги, що літологічно та за петрофізичними параметрами продуктивний горизонт I-1₂ подібний до продуктивного горизонту I-1₁, а продуктивний горизонт J-2 – до продуктивного горизонту J-1, враховуючи наявність кернавого матеріалу для визначення ефективних технологічних рішень, які необхідно застосувати для кріплення нестійких колекторів у свердловинах відкритих родовищ вуглеводнів, було визначено гранулометричні показники гірських порід із продуктивних горизонтів св. 100 Руновщинського ГР та св. 101 Східно-Руновщинського ГР. Глибину відбору кернавого матеріалу (рис. 2) наведено у табл. 2.

Було визначено розподіл розмірів часток кернавого матеріалу за фракціями, що дало змогу вибрати тип фільтра та розміри фільтрувальних поверхонь (табл. 3).

Як видно з табл. 3, досліджена порода, за винятком зразка керна 6, є дуже дрібнодисперсною ($D_{50} < 50$ мкм).

Аналіз результатів розрахунку дав змогу запропонувати фільтри із ГН для ефективної боротьби з піскопроявами у продуктивних інтервалах, представлених дослідженими породами. Для продуктивного інтервалу, що характеризується керном 6, можна рекомендувати сітчастий фільтр.

У продуктивних інтервалах св. 100, 101, які містять нестійкі колектори, а також інших, які будуть експлуатувати ці продуктивні горизонти, рекомендується використати штампований щільний фільтр із ГН типу РРК (рис. 3) та точний мікропоровий багатошаровий фільтр типу РМС (рис. 4).

Як альтернативу фільтрам РМС можна запропонувати до використання удосконалений багатошаровий сітчастий фільтр Petroguard компанії Halliburton або ж сітчастий фільтр MaxFlo компанії Weatherford.

Зважаючи на уніфікованість конструктивних елементів цих свердловинних фільтрів, секції фільтрів РРК та РМС можна буде скомпонувати в одну збірку та розмістити на НКТ у св. 100 для одночасної експлуатації продуктивного інтервалу, представленого різнорідними породами (керн 4 та 6).

Іншим можливим варіантом є застосування свердловинного фільтра із ГН типу Micro-Pak, який пропонує компанія Weatherford, або ж удосконаленого низькопрофільного фільтра із ГН типу ECL компанії Halliburton.

Висновки

Вибір технологічних заходів для кріплення нестійких колекторів та визначення особливостей їх реалізації необхідно проводити з урахуванням гранулометричного складу породи продуктивного пласта.

За наданими у роботі рекомендаціями було визначено особливості технологічних заходів кріплення нестійких колекторів у свердловинах родовищ вуглеводнів, відкритих на Будищансько-Чутівській ліцензійній ділянці, які найбільше зосереджені у відкладах тріасового віку (св. 100 Руновщинського ГР) та юрського віку (св. 101 Східно-Руновщинського ГР), – застосування штампованого щільного фільтра із гравійним набиванням типу РРК та точного мікропорового багатошарового фільтра РМС. Як альтернативні варіанти запропоновано до використання фільтрів із ГН типу Micro-Pak або ECL, сітчасті фільтри типу Petroguard та MaxFlo компаній Halliburton та Weatherford.

Отримані в роботі результати щодо вибору технологічних заходів можна рекомендувати використовувати під час планування кріплення нестійких колекторів у відповідних геолого-промислових умовах свердловин інших родовищ вуглеводнів, що дасть змогу забезпечити їх ефективну довготривалу експлуатацію.

Список літератури

1. **Гаврилко В.М.** Фильтры буровых скважин / В.М. Гаврилко, В.С. Алексеев. – М.: Недра, 1985. – 334 с.
2. **Харитонов М.Б.** Підвищення рентабельності розробки Архангельського багатопластового газового родовища (шельф Чорного моря) / М.Б. Харитонов, Р.С. Яремійчук // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. – № 4 (17). – С. 9–14.
3. **Tiffin D.** New Criteria for Gravel and Screen Selection for Sand Control / D. Tiffin, G. King, R. Larese and L. Britt // Paper SPE 39437, presented at the SPE International Symposium on Formation Damage Control, Lafayette, Louisiana, USA. – February 18–19, 1998.

ПРОФЕСІОНАЛИ ГАЛУЗІ

Колектив ДП «Науканафтогаз» Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України» з сумом сповіщає, що на 51 році життя після важкої хвороби відійшов у вічність наш колега та товариш **Олег Вікторович Панасенко**, завідувач відділу видобутку та буріння свердловин. Своєю виробничою діяльністю Олег Вікторович після закінчення у 1986 р. Івано-Франківського інституту нафти і газу за спеціальністю розробка нафтових і газових родовищ пов'язав із нафтогазовою промисловістю, роботі на підприємствах якої віддав загалом 28 років.



У ДП «Науканафтогаз» працював із перших років його створення. Як виробничник та науковець, автор низки науково-технічних праць, **О. В. Панасенко** вніс вагомий внесок у розвиток нафтогазової галузі України.

Світла пам'ять про **Олега Вікторовича** назавжди залишиться у наших серцях.

Колектив
ДП «Науканафтогаз»,
редакція журналу